

IV-275 - BIM E SANEAMENTO – SOLUÇÕES TÉCNICAS PARA A CONCEPÇÃO DE ESTUDOS E PROJETOS DE SISTEMAS LINEARES DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO E ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Eugênio Fonseca Barbosa⁽¹⁾

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Católica Dom Bosco (UCDB) – Campo Grande (MS), Brasil;

Engenheiro da empresa JNS – Engenharia, Consultoria e Gerenciamento Ltda. – São Paulo (SP), Brasil.

Endereço⁽¹⁾: Av. Pedroso de Moraes, 433, 10º andar - Pinheiros – São Paulo – São Paulo - CEP: 05419-902 - Brasil - Tel: +55 (11) 3039-1166 - Fax: +55 (11) 3814-1941 - e-mail: eugenio@jnsecg.com.br

RESUMO

Em uma percepção otimista, o cenário atual para o setor de saneamento de uma forma geral mesmo que estagnado, pode ser considerado promissor. Isto se deve principalmente ao baixo índice de atendimento a nível nacional que vem forçando o governo a repensar os planejamentos para o setor, como estudos e medidas que objetivam impulsionar o índice de cobertura e consequentemente um crescimento do setor a curto prazo.

Em função disto, para o atendimento da demanda esperada a conceituação de elaboração de projetos e gerenciamento de obras no setor pode ser repensada, acompanhando a evolução tecnológica com a aplicação de novas ferramentas e metodologias como o da aplicação do BIM para estudos e projetos.

Os usos de ferramentas e da metodologia BIM estão disponíveis no mercado há tempos e são usados em muitos setores de infraestrutura em todo mundo, já se estabelecendo no Brasil, porém ainda pode ser considerada embrionária no setor de saneamento.

Este trabalho apresentará estudos de caso com a aplicação de metodologias inovadoras no saneamento para a viabilização de soluções técnicas e econômicas otimizadas e com a utilização de novos conceitos para a concepção técnica e seu processo de elaboração de projeto.

O primeiro estudo aborda o processo de desenvolvimento desde a etapa de concepção até a etapa de projeto executivo para as obras lineares de um sistema de esgotamento sanitário com uma população de aproximadamente 72.000 habitantes. Já o segundo estudo aborda o uso de soluções tecnológicas para o desenvolvimento da viabilidade técnico-econômica para sistemas de captação e adução de água com vazões iniciais da ordem de 5,0 m³/s com possibilidade de ampliação para aproximadamente 8,5 m³/s.

O uso do BIM nos estudos resultou não só em um aproveitamento eficiente do tempo aplicado no desenvolvimento dos trabalhos como também possibilitou o aumento da qualidade dos mesmos, principalmente na fase de concepção. As concepções foram enriquecidas com informações advindas de diversas fontes, e como consequência os objetivos nas fases posteriores foram alcançados de forma otimizada.

PALAVRAS-CHAVE: Processo de Projeto BIM, Sistemas Lineares de Esgotamento Sanitário, Sistemas de Abastecimento de Água.

INTRODUÇÃO

De uma forma geral, podemos dizer que projetos em saneamento possuem características únicas para cada ocasião, onde dificilmente um estudo é passível de ser reaproveitado de forma integral em outro projeto, principalmente nas fases iniciais de estudos de concepção.

Alguns fatores como a planialtimetria da área de estudo, dados populacionais, os traçados urbanos, infraestrutura local e dados socioeconômicos impactam diretamente em como um sistema será concebido.

Em projetos de sistemas de saneamento, de uma maneira geral, grande parte das estruturas para obras localizadas (também muito presentes em obras lineares) são executadas em concreto, em se tratando de grandes estruturas de manobra, transição, bloqueio, estações de bombeamento, reservatórios etc.

Para obras de sistemas lineares, apesar de não demandarem detalhamento em nível de uma planta de processo de tratamento, por exemplo, as principais dificuldades encontradas estão relacionadas ao volume das obras, ou seja, largas extensões de tubulações adutoras e redes para sistemas de esgotos, água, drenagem e sistema viário.

Com o surgimento de novas tecnologias cada vez mais frequentes, a JNS Engenharia identificou a necessidade de inovação e mudança na metodologia de trabalho, adotando-se ferramentas com recursos atualizados, compatíveis para modelagem BIM e para documentação, visando otimizar o fluxo de trabalho, melhorias nos estudos em caráter qualitativo e quantitativo, implantação de interoperabilidade entre as diversas disciplinas envolvidas e muitas outras.

É importante ressaltar que BIM não é uma ferramenta, muito menos um projeto 3D, como muitas vezes é confundido. É necessária a conscientização de que a metodologia se apoia em um conjunto de ferramentas e métodos. O resultado é um modelo tridimensional parametrizado colaborativo dotado de uma forte base de dados proporcionando a propagação de informações para diversos usos, inclusive durante a fase construtiva e até mesmo operacional.

Algumas ilustrações das interfaces dos softwares já com os modelos desenvolvidos, ainda em nível de concepção, são demonstradas a seguir.

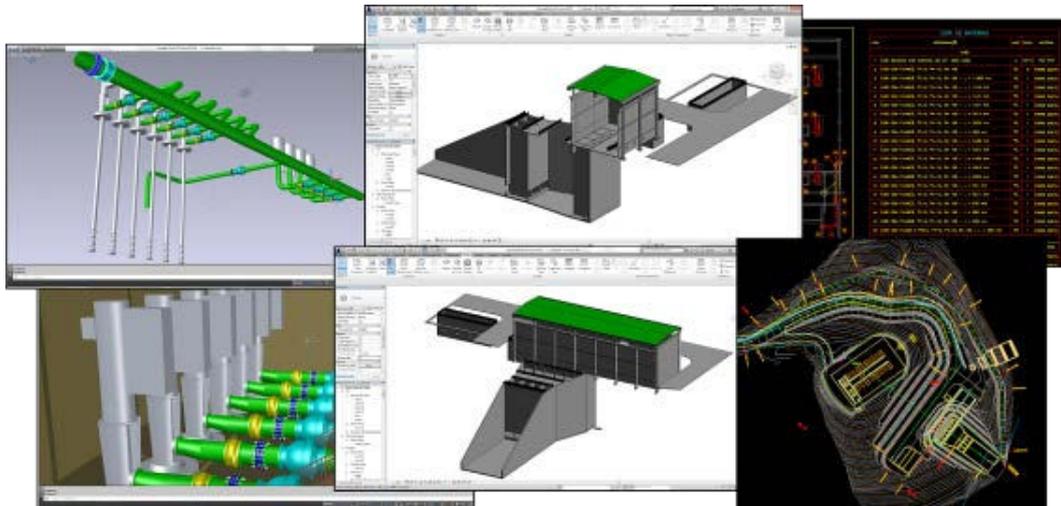


Figura 1: Vistas, Plantas, Cortes, Lista de Materiais e Perspectivas

Em suma, quando se fala de projetos de saneamento, deve-se pensar em uma matéria multidisciplinar que pode ser facilitada pela utilização do BIM.

O principal ganho com a modelagem para obras lineares está na riqueza de informações contidas nos alinhamentos. As definições do alinhamento serão utilizadas por diferentes disciplinas da infraestrutura, como rodovias, ferrovias, pontes e saneamento, referenciados tecnicamente como corte e aterro, seções transversais e outros.

Podemos definir alguns níveis de detalhamento para os alinhamentos baseado nas diversas propostas de uso:

- Alinhamento Horizontal Simples: Somente alinhamento horizontal com a maior parte de seu traçado em linhas retas;
- Alinhamento Preliminar: Alinhamento horizontal e vertical em alguns trechos de maior importância;
- Alinhamento Detalhado: Alinhamento horizontal e vertical em sua totalidade contendo formatos de linhas, curvas e espirais, e informações avançadas como dados de superelevação, velocidade de projeto, etc. para o caso de rodovias e informações de coordenadas, declividades, deflexões, etc. para saneamento.
- Alinhamento Detalhado com Associação de Elementos 3D: Variação do alinhamento detalhado com a atribuição de elementos 3D como rodovias, tubulações, pontes e túneis.

OBJETIVOS

O objetivo do trabalho é apresentar uma alternativa de método para utilização e aplicação de processo de elaboração de projetos por meio de modelagem das informações da construção principalmente para sistemas lineares em saneamento.

Os estudos apresentados baseiam-se na experiência da empresa JNS – Engenharia, Consultoria e Gerenciamento Ltda. na utilização das inovações para projetos de saneamento, compreendendo redes, adutoras, estações de bombeamento e sistema viário.

A aplicação real será demonstrada por meio da análise de dois estudos de caso, um projeto para redes coletoras de esgotos e coletores tronco e um segundo para a verificação da viabilidade técnico econômica de um sistema de captação e adução.

MATERIAIS E MÉTODOS

O planejamento e execução de projetos em saneamento em conjunto com ferramentas e metodologias BIM podem proporcionar melhorias qualitativas e quantitativas nas diversas fases de desenvolvimento dos produtos. Para tanto, é importante o conhecimento dos processos, metodologias e ferramentas disponíveis com a qual se pretende trabalhar.

O processo de implantação do BIM na JNS Engenharia, se iniciou para projetos de Plantas de processo como estações de tratamento de água e efluentes, passando por etapas preliminares de estudos de escolha da solução, planejamento de implementação, melhorias na infraestrutura de TI, capacitação de equipe, processos de customização e elaboração de catálogos antes das fases de modelagem do projeto.

Para os estudos deste trabalho, a empresa buscou adquirir no mercado conhecimento e ferramentas para projetos lineares e com o conhecimento adquirido durante elaboração de projetos de plantas de processo, os fluxos de trabalhos foram direcionados para as fases de Concepção e Pré Aprovação, Modelagem de Projeto e Documentação do Projeto.

Da aplicação dos métodos citados, para este trabalho serão apresentados dois estudos de caso sendo um Estudo de Caso 1 para um Sistema de Esgotamento Sanitário e um Estudo de Caso 2 para estudo de viabilidade econômica em um Sistema de Abastecimento de Água, os quais serão descritos a seguir.

ESTUDO DE CASO 1 – SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

Este estudo compreende a concepção e o projeto executivo de obras lineares de rede coletora de esgoto e coletores tronco conforme as fases a seguir:

Estudo de Concepção

Inicia-se com a verificação de informações da localidade como dados populacionais, projetos, planos e infraestrutura existente, e em posse destas informações foram elaborados elementos fundamentais para a fase de concepção do projeto. Destacam-se as bases planialtimétricas com dados de projetos anteriores, bases SIG com informações populacionais e sistema de esgotamento sanitário existente. Posteriormente foram realizadas verificações em campo com auxílio de equipamentos topográficos de forma a garantir a confiabilidade das informações.

Os desafios observados para este estudo de caso incluem as topografias ou muito planas ou muito acidentadas da área de estudo, dificuldade de acesso à região e a necessidade de um criterioso estudo econômico para a concepção de coletores troncos com elevadas profundidades e diâmetros ocasionando a implantação em sua quase totalidade por métodos não destrutivos. Foi dada preferência para o uso de coletores no lugar de elevatórias e recalques em decorrência da periculosidade da região, onde equipamentos e estações de bombeamento existentes costumam ser vandalizados com certa frequência.

Na etapa de concepção ou pré-aprovação do projeto foram desenvolvidas modelagens de terreno, de alinhamentos, de tubulações e estruturas em menor nível de detalhe. Como exemplo podemos citar os recursos de visualização extraídos do modelo do terreno, com a geração dinâmica de renderizações e manipulação de variados mapas temáticos. Dentre os mapas temáticos utilizados destacam-se o de elevações e declividades como ilustrado na Figura 2 a seguir.

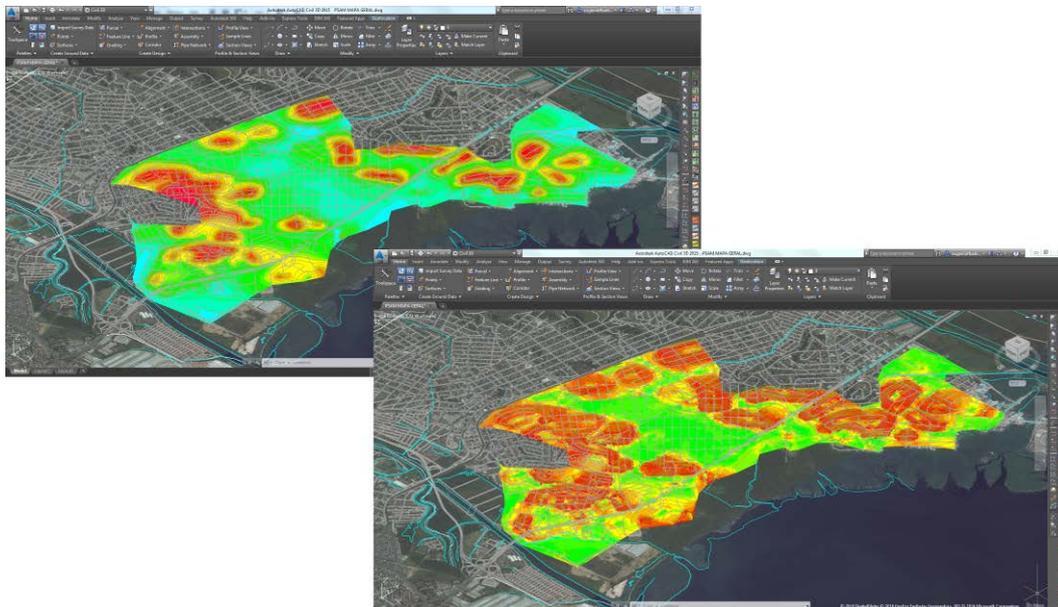


Figura 2 – Recursos de visualização do software – Mapa de elevações e declividades

Após o processo de modelagem do terreno, iniciaram-se os estudos de traçados para as obras lineares, com a modelagem de alinhamentos e perfis longitudinais, atualizados de forma dinâmica a cada mudança, otimizando o tempo para elaboração de desenhos e possibilitando mais tempo para elaboração de análises.

Para um melhor entendimento, a Tabela 1 contém as principais características dos coletores estudados para cada alternativa.

Tabela 1: Características dos coletores para as alternativas estudadas.

Método Construtivo	Extensões dos Coletores (km)						
	Alt. A	Alt. B	Alt. C	Alt. D	Alt. E	Alt. F	Alt. G
MND	8,6	8,2	8,6	6,6	11,6	7,4	4,9
VCA	1,4	1,6	1,6	1,2	2,1	2,2	4,6
Total	10,1	9,8	10,1	7,9	13,7	9,6	9,5

Ainda no processo de elaboração da concepção das alternativas, as funcionalidades “SIG” (Sistema de Informações Geográficas) da ferramenta possibilitam a incorporação de informações georreferenciadas em elementos espaciais de forma a auxiliar os cálculos populacionais e de contribuição de vazões para os coletores principais e secundários.

Bases com as áreas contribuintes das bacias, área de densidades populacionais e redes coletoras existentes e previstas para os coletores foram elaboradas seguindo critérios técnicos. Estas e outras informações SIG foram trabalhadas e integradas entre si, e os dados foram posteriormente exportados para trabalho em Excel com nível de precisão igual ao das referidas bases, evitando erros por eventuais processos manuais. As informações trabalhadas foram atribuídas em sequência em parâmetros das tubulações e estruturas dos modelos, servindo como base para as simulações hidráulicas.

A Figura 4 a seguir demonstra a interface da ferramenta de modelagem com diversas telas e elementos do modelo.

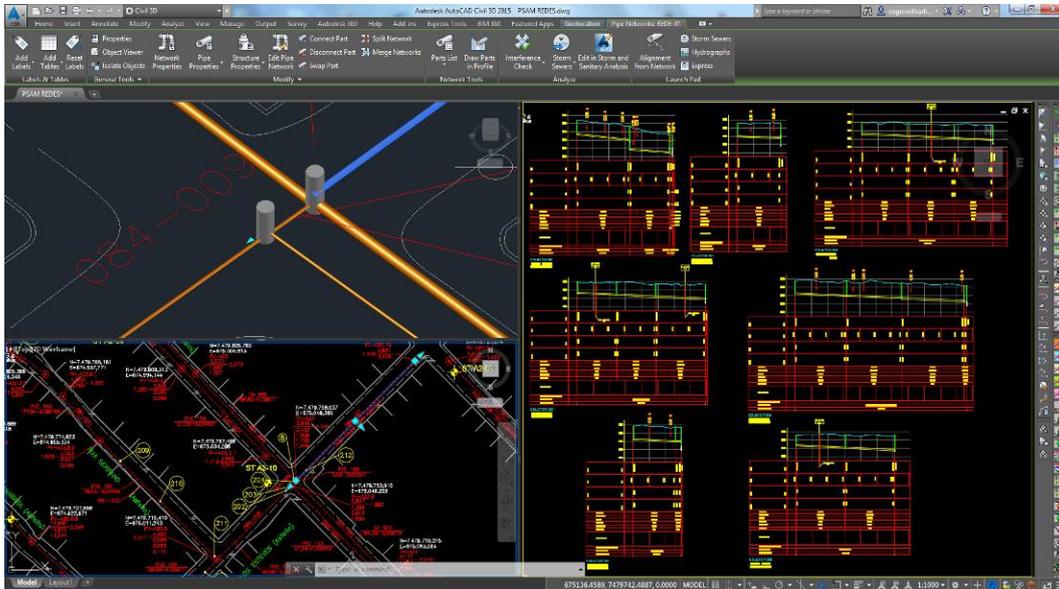


Figura 4 – Vista, Planta e Perfis - Interface

Conforme mencionado anteriormente, o modelo, além de um elemento tridimensional, possui um relacionamento com um banco de dados dotado de diversas informações. Estas informações foram utilizadas em processos além das ferramentas disponibilizadas no software de modelagem.

Um dos usos consistiu na utilização para simulações hidráulicas onde o simulador é passível de ser acessado diretamente do software de modelagem, alimentado com as informações contidas nos elementos do modelo e posteriormente resultando nas simulações ótimas para a rede. Estes resultados são retransmitidos ao modelo, atualizando todos os elementos de forma prática e dinâmica.

Outra utilização dos parâmetros do modelo foi através da exportação das informações para Excel para usos em memórias de quantificação. “Todas estas interações foram realizadas através do uso de aplicativos desenvolvidos em linguagem de programação em plataforma”.NET”.

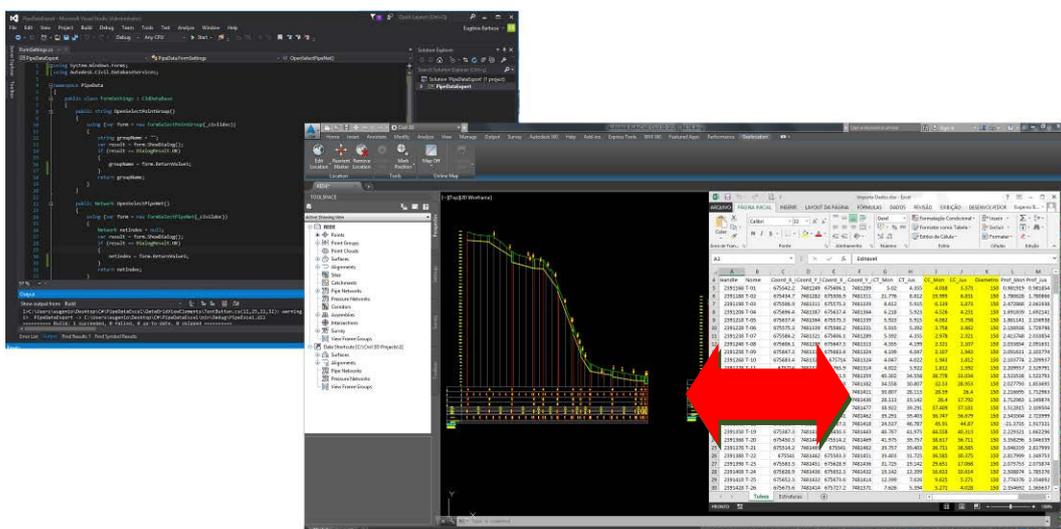


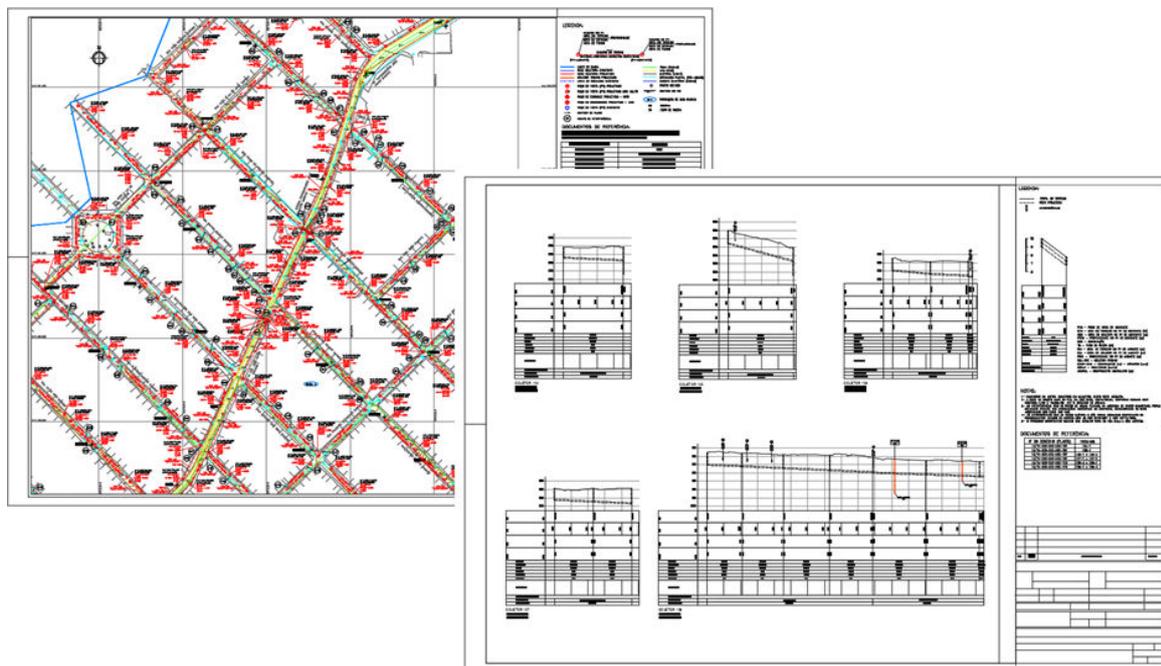
Figura 5 – Customização via programação

Documentação

A documentação se iniciou com os desenhos sendo criados no software de modelagem Autocad Civil 3D, e posteriormente exportados para Autocad, onde as entidades da modelagem são transformadas em linhas, polilinhas, etc. de forma viabilizar a compatibilidade com as ferramentas do cliente.

Observa-se também, que a evolução quase que anualmente das ferramentas vem continuamente potencializando a apresentação dos trabalhos, e para este projeto em específico não foi necessário trabalho de refinamento dos desenhos após a exportação para o Autocad devido a customização na ferramenta atender o nível de apresentação exigido pelo cliente.

A figura a seguir demonstra a documentação emitida pelo software de modelagem com a caracterização exigida pelo cliente.



Figuras 6 – Modelo de produto final

Através da figura 6 observa-se a variedade de informações apresentadas na documentação geradas pelo software de modelagem sem a perda da característica de um projeto de saneamento.

RESULTADOS DO ESTUDO 1

Ao todo foram modelados 70,7 km de coletores tronco para a fase de concepção e aproximadamente 45,5 km de rede coletora de esgotos para a fase de projeto executivo, além das customizações necessárias.

O uso de aplicativos customizados em conjunto com o banco de dados dos modelos potencializou de forma significativa os estudos, tanto em simulações, onde os fluxos de troca de informações entre os softwares passaram a ser menos complexos, quanto na redução de trabalhos manuais como a inclusão de informações adicionais na documentação final.

Os prazos contratuais dificilmente seriam atendidos, principalmente na fase de concepção, sem o apoio de ferramentas como as citadas anteriormente. Para este projeto em específico não foram observadas entregas de produtos em tempos mais curtos, porém, o número de alternativas estudadas e o enriquecimento de informações da documentação apresentada dificilmente seriam alcançados sem a abordagem de metodologias e procedimentos apresentados, evidenciando o termo “otimização” da qualidade citada de forma constante ao longo do estudo.

ESTUDO DE CASO 2 – ESTUDO PARA OBRAS DE CAPTAÇÃO E ADUÇÃO DE ÁGUA.

Em um cenário recente composto por crises de escassez de água e crises econômicas, a verificação de viabilidade para novos empreendimentos demandou estudos criteriosos no que tange a parte técnica e principalmente a parte econômica.

Para estes estudos as dificuldades observadas se baseiam no porte das obras, necessidade criteriosa da escolha de equipamentos e métodos construtivos para as captações de água e os estudos para diversos traçados de extensas linhas de adução de grande porte com desníveis significativos, onde qualquer ponto não observado impactaria significativamente nos custos finais.

As etapas deste estudo serão descritas a seguir:

Estudos Preliminares

Os estudos iniciam-se com as coletas de dados da localidade com relação à planialtimetria, coleta de imagens aéreas, caracterização física das vias de acesso e das futuras áreas bem como informações dos mananciais a serem explorados.

Para a modelagem inicial do terreno foram utilizados arquivos MDE (Modelo Digital de Terreno) disponibilizados pela Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo, resultando em uma base planialtimétrica com precisão considerada adequada para este tipo de análise.

Em seguida, foram modelados os alinhamentos estaqueados com a geração dos perfis longitudinais, proporcionando a análise de diversas alternativas para as linhas adutoras onde cada mudança aplicada no alinhamento gera mudança em tempo real nos perfis longitudinais.

Para um melhor entendimento, a Tabela 2 apresenta as extensões dos alinhamentos estudados para cada alternativa.

Tabela 2: Características dos alinhamentos para as alternativas estudadas.

	Extensões dos Alinhamentos (km)						
	Alt. A	Alt. B	Alt. C	Alt. D	Alt. E	Alt. F	Alt. G
Extensões	55,8	59,4	40,4	40,3	30,8	48,6	27,5
Total	55,8	59,4	40,4	40,3	30,8	48,6	27,5

Os procedimentos podem ser observados na figura 7 a seguir, a qual demonstra o terreno modelado a partir de dados obtidos junto a Secretaria de Meio Ambiente e a interface do software de modelagem demonstrando a utilização de recursos disponíveis.

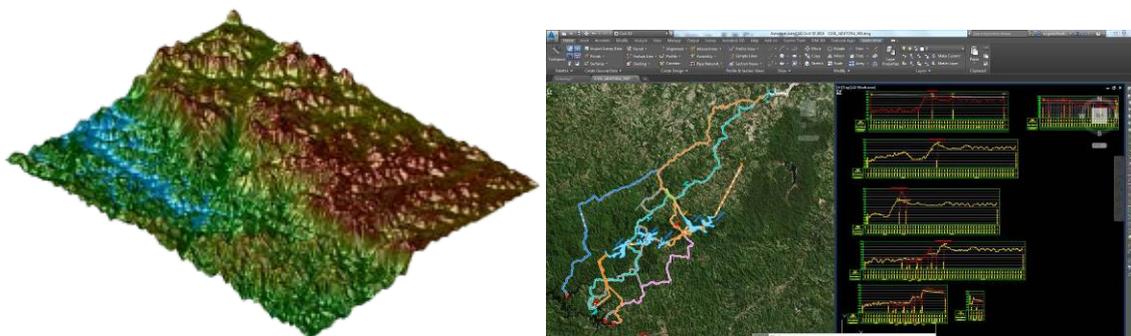


Figura 7 – Modelo e estudo de alternativas de traçados

Com todas as informações de traçados definidas, a vistoria de campo faz-se necessária para o estudo de implantação das obras. Esta verificação foi realizada com o auxílio de GPS de navegação como demonstrado a Figura 8 a seguir.



Figura 8 – Vistoria em campo

Com as informações de traçados e com o auxílio de imagens aéreas inseridas no GPS, foi possível percorrer aproximadamente 120 km em um dia, verificando que todos os traçados estudados de forma preliminar demonstraram ser passíveis de aplicação em estudos mais avançados.

As vias percorridas em quase sua totalidade caracterizaram-se como vias rurais e com pouco espaço de circulação, o que resultou em estudos para traçados viários contemplados na etapa seguinte.

Modelagem e Elaboração dos Estudos

Para as obras lineares foram contempladas modelagem de terraplenagem, sistema viário e de linhas adutoras. Foi utilizado como ferramenta base o Autocad Civil 3D da Autodesk, abordada de forma intensa e auxiliando na visualização para perfeito entendimento da proposta e da geração de quantitativos de corte/aterro, das linhas adutoras e acessos viários.

Para as obras localizadas das estruturas componentes, outras ferramentas da plataforma Autodesk foram abordadas, no caso Revit e Autocad Plant 3D, onde mesmo em um processo simplificado de modelagem apresenta resultados muito satisfatórios em relação aos procedimentos que eram adotados anteriormente.

Cabe destacar que nesta fase a base planialtimétrica utilizada foi aperfeiçoada através de levantamentos topográficos de campo.

Com relação à modelagem de terraplenagem das áreas de obras localizadas, a mesma proporciona o estudo de solução para o arranjo das unidades e de propostas para corte/aterro e proteções. Como exemplo, terrenos com contenções por paredes diafragma, cortinas atirantadas ou taludes com bermas foram gerados com a extração de quantitativos de corte/aterro de forma dinâmica.

A linha de adução é caracterizada por tubulação de diâmetro superior a 2,0 m com trechos em tubos estudados com execução por métodos destrutivos (VCA), não destrutivos (MND) e trechos em túnel.

Devido ao porte das obras da adutora, foi necessária a elaboração de um projeto viário de forma a comportar as obras de vala, o trânsito de equipamentos e o trânsito local. A modelagem do viário foi elaborada concomitantemente à modelagem da linha adutora, adequando-se o greide viário de forma a reduzir o número de deflexões na adutora e recobrimentos ou o inverso, adequando as cotas das tubulações da adutora de forma a minimizar quantitativos no projeto viário. Com a utilização da ferramenta de modelagem, as informações interligadas proporcionam a alteração em tempo real em ambos os projetos, tornando o processo de análise extremamente flexível.

Dados parametrizados do modelo da tubulação foram extraídos para o dimensionamento da adutora com relação aos impactos ocasionados pelos transientes hidráulicos, recobrimento, envoltória, escoramento, admissão e expulsão de ar e muitos outros.

As figuras a seguir demonstram a interface da ferramenta ilustrando os projetos viários, linhas adutoras e modelagem de terreno para obras localizadas.

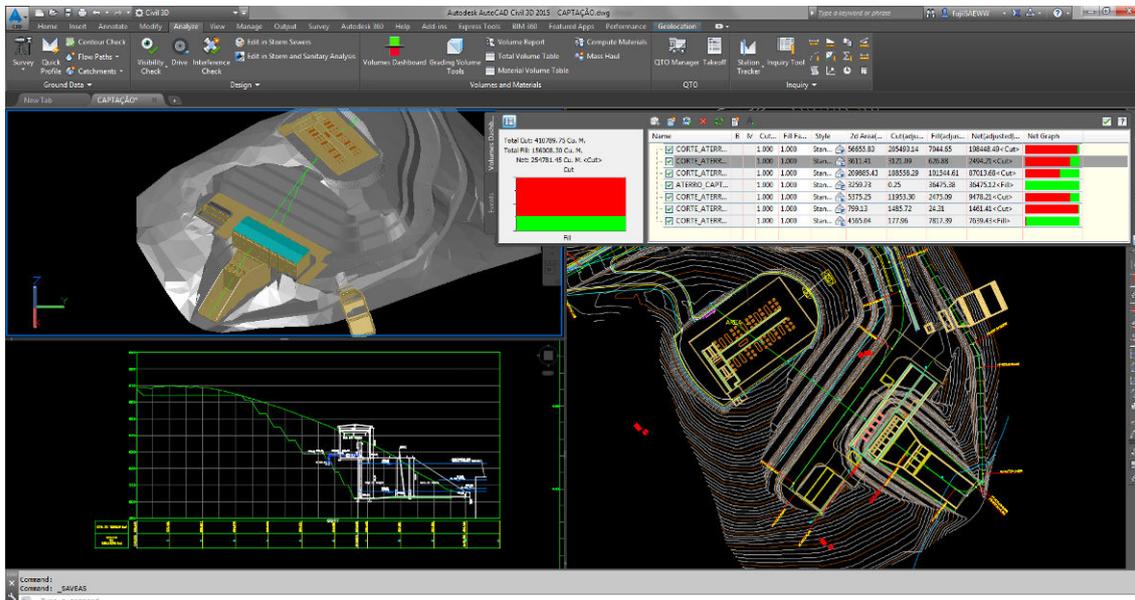


Figura 9 – Vista, Planta, Corte e Quantitativos – Captação

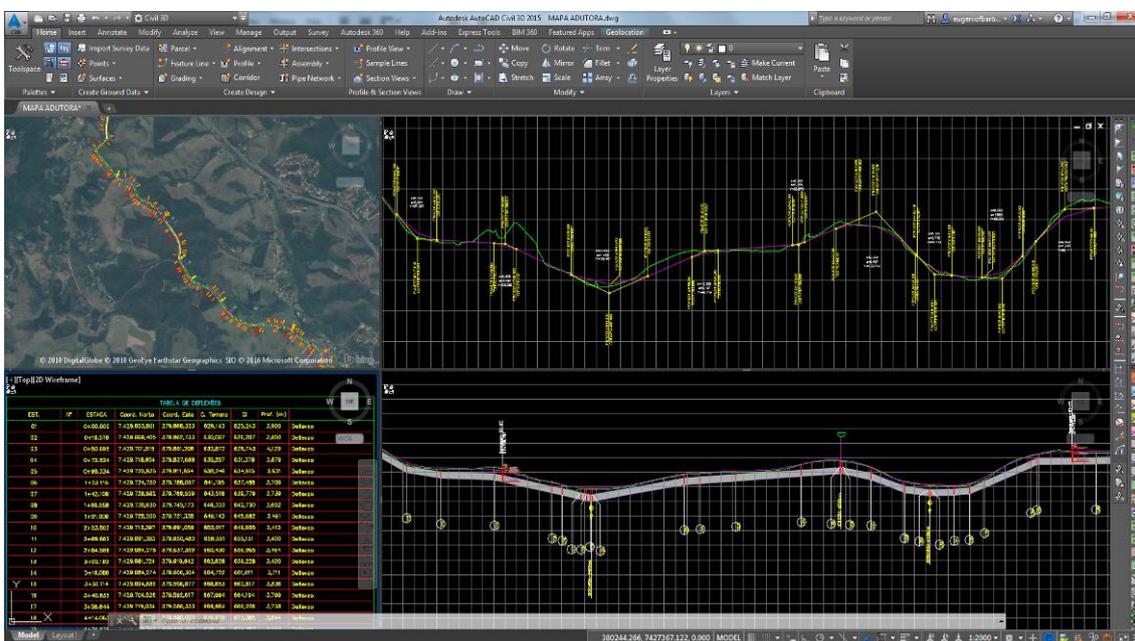


Figura 10 –Plantas, Perfis e Quantitativos – Adutora

É possível ainda visualizar os quantitativos de corte/aterro, peças da adutora, pontos de deflexão, estruturas componentes da adução, etc., todos de forma dinâmica durante a modelagem do projeto.

RESULTADOS DO ESTUDO 2

Ao todo foram modelados 302 km de alinhamentos e perfis, modelados a nível conceitual uma estação de captação para vazões na ordem de 5,0 a 8,5 m³/s, estruturas auxiliares, e outros.

Além do incremento do número de alternativas estudadas, destaca-se a otimização dos processos de tomadas de decisão junto ao cliente em consequência da facilidade de geração de perfis, maquetes e quantitativos com grau elevado de confiabilidade.

A extração de parâmetros para verificações de diversos cálculos exigidos por sistemas de grande porte foi alcançada de forma branda e flexível, proporcionando o rápido retorno aos consultores para as diversas disciplinas abordadas.

CONCLUSÕES

O pioneirismo da modelagem BIM no saneamento demandou trabalhos que outros setores (exemplo: arquitetura e óleo/gás) não enfrentam atualmente com tanta carga como, por exemplo, a formulação de bibliotecas de materiais, equipamentos e especificações técnicas, bem como configuração de padrões visuais de apresentação dos produtos.

A adequação dos profissionais também é um fator crítico para o pleno desenvolvimento desse processo de projeto. É desejável dos modeladores o conhecimento da ferramenta, e também da engenharia para que o desempenho individual seja vantajoso. Tal fator foi fortemente observado durante a fase de implantação da metodologia BIM na empresa.

A constatação inicial e um dos grandes benefícios encontrados através dos estudos modelados em BIM foi a otimização qualitativa e quantitativa das soluções. Para o sistema de esgotamento sanitário estudado observa-se que o número de alternativas foi acrescido de forma significativa. O prazo contratual dificilmente seria atendido com a quantidade de alternativas apresentadas se fosse adotado a forma usual de trabalho para estudos de concepção e projetos de saneamento.

Além disso, as ferramentas utilizadas possibilitaram o uso de diversas funções incluindo a integração com bases “SIG” de demografia, de bacias contribuintes, de redes coletoras existentes, etc, impactando diretamente no tempo e precisão da quantificação das vazões de projeto.

Ainda na fase de concepção, a documentação do estudo já é apresentada de uma forma avançada, com um nível de detalhamento elevado, o que proporcionou que o processo de aprovação do produto fosse otimizado devido à facilidade de visualização e entendimento por parte do cliente.

Uma das inovações que cabe destaque foi também o desenvolvimento de ferramentas de simulações hidráulicas a partir do modelo BIM, utilizando como base de dados os elementos parametrizados. Tais trabalhos foram realizados com a implantação de ferramentas compatíveis com a metodologia BIM, além de treinamento e qualificação das equipes.

Em nosso entendimento, fundamentado nas experiências adquiridas nos estudos e projetos elaborados, a metodologia BIM é passível de ser implantada em diversos setores através de diferentes ferramentas e metodologias. Os estudos apresentados ilustram elementos parametrizados, desde um alinhamento até mesmo em estruturas mais complexas como o sistema hidromecânico de uma captação de grande porte.

Por fim, observou-se uma série de benefícios adicionais vindos com a utilização das tecnologias mencionadas. A disciplina inerente do uso dessas plataformas oferece maior garantia de qualidade das informações e efetivação do planejamento, com menor ocorrência de imprevistos. Métricas para acompanhamento de produtividade também ficam mais objetivas com a sistematização dos fluxos de trabalho apresentados.

RECOMENDAÇÕES

Diante do maior volume de trabalho, maior necessidade de qualidade e confiabilidade dos produtos gerados em consequência do aumento de complexidade dos novos projetos que deverão ser desenvolvidos no setor de saneamento, torna-se imprescindível a mudança para adoção de processos adequados de produção de projetos. Ao mesmo tempo os prazos cada vez menores e necessidade de agilidade e flexibilidade na execução fazem com que a forma anterior de trabalho, com base em desenhos planejados em duas dimensões fique definitivamente inviável numa perspectiva futura.

As empresas de consultoria e de projetos do setor precisam realizar a mudança, bem como as concessionárias de sistemas de saneamento e órgão reguladores devem estar preparados para a contratação de serviços nessa nova concepção e aproveitamento do maior valor dos produtos gerados.

As possibilidades de melhoria dos produtos apresentados e incremento com mais elementos, enriquecimento em detalhes e informações são enormes. Entretanto, é fundamental a consciência de que para obter os resultados pretendidos as etapas de implementação e preparo rigoroso e disciplinado de bases de projeto não podem ser negligenciadas.

AGRADECIMENTOS

Destacamos com gratidão especial à equipe da JNS e colaboradores externos, direta ou indiretamente relacionados às atividades de processos ou desenvolvimento do projeto e estudos em BIM, que se comprometeram com o desafio de maneira conjunta sempre buscando novos conhecimentos e não fugindo da obrigação de retransmiti-los tanto internamente quanto publicamente a futuros usuários do conhecimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. EASTMAN, C. THEICOLZ, P., SACKS, R., LISTON, K., 2011, BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors. Wiley.
2. CARDOSO, M.C. FRAZILLIO, E., 2016, Autodesk Autocad Civil 3d 2016: Recursos e Aplicações para Projetos de Infraestrutura: Ed. Érica/Saraiva. 1ª Edição.
3. FILHO, G.P., 1998, Estradas de Rodagem: Projeto Geométrico: Ed. Glauco Pontes Filho. 1ª Edição.
4. KOELLE, E., Adutoras – Dimensionamento, Adutoras - Acessórios, Mar. 1981.
5. AWWA, 2004, Steel Water Pipe: A Guide for Design and Installation. Manual of Water Supply M11.
6. MACINTYRE, A.J., 2013, Bombas e Instalações de Bombeamento, Rio de Janeiro, Ed. LTC.
7. TSUTIYA, M.T. SOBRINHO, P.A., 1999, Coleta e Transportes de Esgoto Sanitário, Escola Politécnica da USP. 2ª Edição.
8. FUJII, F.Y., 2016, Projeto da ETE Perus – Soluções Técnicas para a Concepção Otimizada do Sistema e Processo de Projeto por Modelagem (BIM). Associação dos Engenheiros da Sabesp, 27º Encontro Técnico AESABESP. São Paulo, Brasil. Agosto, 2016.
9. FUJII, F.Y., 2016, Bim no Saneamento – Processo de Projeto por Modelagem da Construção para Estações de Tratamento de Efluentes Aplicado em Caso Real de Sistema MBR. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 17º Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental - SILUBESA. Santa Catarina, Brasil. Junho, 2016.
10. BARBOSA, E.F.; TATSUKAWA, O.H., 2016, BIM e Saneamento – Estudos de caso para sistemas de esgotamento e para transposição entre represas. Autodesk University Brasil 2016 São Paulo, Brasil. Outubro, 2016.